

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



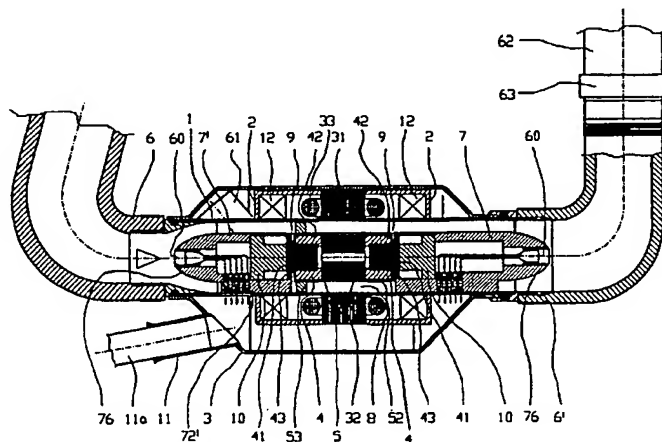
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :  <b>H02K 7/09, 7/14, A61M 1/10, F16C 39/06</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/64030</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Oktober 2000 (26.10.00)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03563</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. April 2000 (19.04.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:            199 18 841.6      20. April 1999 (20.04.99)      DE            199 44 863.9      18. September 1999 (18.09.99)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MEDI-PORT KARDIOTECHNIK GMBH [DE/DE]; Wiesenweg 10, D-12247 Berlin (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und            (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NÜSSER, Peter [DE/DE]; Wustrower Str. 23, D-13051 Berlin (DE). MÜLLER, Johannes [DE/DE]; Güntzelstr. 63, D-10717 Berlin (DE). PETERS, Hans-Erhard [DE/DE]; Lychener Str. 33, D-10437 Berlin (DE).</p> <p>(74) Anwälte: GULDE, Klaus, W. usw.; Gulde Hengelhaupt Ziebig, Schützenstrasse 15-17, D-10117 Berlin (DE).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03563</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. April 2000 (19.04.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:            199 18 841.6      20. April 1999 (20.04.99)      DE            199 44 863.9      18. September 1999 (18.09.99)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MEDI-PORT KARDIOTECHNIK GMBH [DE/DE]; Wiesenweg 10, D-12247 Berlin (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und            (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NÜSSER, Peter [DE/DE]; Wustrower Str. 23, D-13051 Berlin (DE). MÜLLER, Johannes [DE/DE]; Güntzelstr. 63, D-10717 Berlin (DE). PETERS, Hans-Erhard [DE/DE]; Lychener Str. 33, D-10437 Berlin (DE).</p> <p>(74) Anwälte: GULDE, Klaus, W. usw.; Gulde Hengelhaupt Ziebig, Schützenstrasse 15-17, D-10117 Berlin (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03563</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. April 2000 (19.04.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:            199 18 841.6      20. April 1999 (20.04.99)      DE            199 44 863.9      18. September 1999 (18.09.99)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MEDI-PORT KARDIOTECHNIK GMBH [DE/DE]; Wiesenweg 10, D-12247 Berlin (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und            (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NÜSSER, Peter [DE/DE]; Wustrower Str. 23, D-13051 Berlin (DE). MÜLLER, Johannes [DE/DE]; Güntzelstr. 63, D-10717 Berlin (DE). PETERS, Hans-Erhard [DE/DE]; Lychener Str. 33, D-10437 Berlin (DE).</p> <p>(74) Anwälte: GULDE, Klaus, W. usw.; Gulde Hengelhaupt Ziebig, Schützenstrasse 15-17, D-10117 Berlin (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>			

(54) Title: DEVICE FOR DELIVERING SINGLE-PHASE OR MULTIPHASE FLUIDS WITHOUT ALTERING THE PROPERTIES THEREOF

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR SCHONENDEN FÖRDERUNG VON EIN- ODER MEHRPHASIGEN FLUIDEN

(57) Abstract

The invention relates to a device for delivering single-phase or multiphase fluids without altering the properties thereof. The aim of the invention is to provide a device for carefully delivering single-phase and multiphase fluids which, consisting of a simple construction, does not alter or only insignificantly alters the properties of the fluid to be delivered and, in particular, minimizes dead water zones and turbulences of the fluid to be delivered. The invention provides a device for delivering single-phase or multiphase fluids which is comprised of a tubular cavity (1) that guides the fluid, whereby the rotor (32) of the electric motor is configured as a rotatable delivering part (5) mounted with axial alignment inside the tubular cavity (1). The inventive device also comprises at least one fluid guiding device (7, 7') arranged in front of and/or behind the delivering part (5) and is characterized in that the rotatable delivering part (5) is contactlessly mounted by means of a magnetic bearing.



### (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- und mehrphasigen Fluiden zur Verfügung zu stellen, die bei einfachem konstruktivem Aufbau das zu fördernde Fluid in seinen Eigenschaften nicht oder nur unwesentlich verändert und insbesondere Totwassergebiete und Verwirbelungen des zu fördernden Fluids minimiert. Die Erfindung besteht in einer Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden, bestehend aus einem rohrförmigen, das Fluid führenden Hohlkörper (1), wobei der Motorrotor (32) des Elektromotors im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers (1) in axialer Ausrichtung als in Rotation versetzbares Förderteil (5) ausgebildet und gelagert ist, und mit mindestens einer Fluid-Leiteinrichtung (7, 7'), die vorn und/oder hinter dem Förderteil (5) angeordnet, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das in Rotation versetzbare Förderteil (5) mittels einer Magnetlagerung berührungsfrei gelagert ist.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5

**Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder  
mehrphasigen Fluiden**

15

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur schonenden  
20 Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden gemäß dem  
Oberbegriff des Anspruchs 1.

Insbesondere geringer stabile mehrphasige Fluide, die durch einen Energieeintrag irreversible Veränderungen erfahren können, wie z. B. Emulsionen und Dispersionen, können beim Fördern in entsprechenden Vorrichtungen wie Pumpen nachteiligerweise in instabile Bereiche geraten.

Ein besonders empfindliches Fluidsystem stellt das Blut dar. Diese undurchsichtige rote Körperflüssigkeit der Wirbeltiere zirkuliert in einem in sich geschlossenen Gefäßsystem, wobei rhythmische Kontraktionen des Herzens das Blut in die verschiedenen Gebiete des Organismus hineindrücken. Hierbei transportiert das Blut die Atemgase Sauerstoff und Kohlendioxid sowie Nährstoffe, Stoffwechselprodukte und körpereigene Wirkstoffe. Das Blutgefäßsystem einschließlich des Herzens ist hierbei hermetisch von der Umwelt abgeschildert, so daß im gesunden Organismus das Blut

5 keine Veränderungen erfährt, wenn es über das Herz durch den Körper gepumpt wird.

Bekannt ist, daß das Blut bei Kontaktierung mit nichtkörpereigenen Materialien oder durch Fremd-  
10 energieeinwirkung zur Hämolyse und Thrombenbildung neigt. Thrombenbildung kann für den Organismus tödlich sein, weil sie zu Verstopfungen im weitverzweigten Gefäßsystem führen kann. Hämolyse beschreibt den Zustand, daß über das physiologische Maß hinaus die  
15 roten Blutkörperchen innerhalb des Körpers lysiert - zerstört - werden. Die Ursachen für Hämolyse können mechanisch oder metabolischer Art sein. Gesteigerte Hämolyse hat multiple Organschäden zur Folge und kann bis zum Tode des Menschen führen.

20 Andererseits hat sich gezeigt, daß es prinzipiell möglich ist, unter bestimmten konstruktiven Voraussetzungen, die Pumpleistung des Herzens zu unterstützen bzw. sogar das natürliche Herz durch ein  
25 Kunstherz zu ersetzen. Allerdings ist ein Dauerbetrieb von implantierten Herzunterstützungspumpen oder Kunstherzen zur Zeit nur begrenzt möglich, weil die Wechselwirkungen dieser Kunstprodukte mit dem Blut immer noch zu nachteiligen Veränderungen des Blutes  
30 führen.

Im bekannten Stand der Technik sind verschiedene Entwicklungsrichtungen von Blutpumpen erkennbar. Herzunterstützungspumpen und Kunstherzen können  
35 ausgehend von der geforderten Druckdifferenz und dem Volumenstrom sowohl nach dem Verdrängerprinzip als sogenannte pulsatile Pumpen oder nach dem Turboprinzip als radiale oder axiale Strömungsmaschinen ausgeführt werden. Diese drei genannten Bauarten werden zur Zeit

5 parallel entwickelt. Dabei zeigen die Strömungs-  
maschinen wegen der hohen Leistungsdichte dieser  
Maschinenart kleinere Abmessungen als Kolbenmaschinen.  
Innerhalb der Pumpen, die nach dem Turboprinzip  
funktionieren, ist die axiale Pumpenvariante in der  
10 Regel kleiner als die radiale. Hierbei läßt sich  
grundsätzlich eine Turbomaschine zu gegebener  
Druckdifferenz und gegebenem Volumenstrom sehr  
unterschiedlich sowohl als axiale als auch radiale  
Pumpe mit sehr unterschiedlichen Drehzahlen ausführen.

15 Die aus dem Stand der Technik bekannten axialen  
Blutpumpen bestehen im wesentlichen aus einem äußeren  
zylindrischen Rohr, in dem ein Förderteil, das als  
Rotor eines außen anliegenden Motorstators ausgebildet  
20 ist, rotiert und damit das Blut in axialer Richtung  
bewegt. Die Lagerung des Förderteils stellte ein  
Problem dar. Eine rein mechanische Lagerung ist  
hinsichtlich der Blutschädigung und auch der relativ  
hohen Reibungswerte nachteilig. Auch die bisher  
25 beschriebenen Magnetlagerungsvarianten haben zu keiner  
befriedigenden Lösung geführt.

Aus Kawahito et al.: *In Phase 1 Ex Vivo Studies of the  
Baylor/NASA Axial Flow Ventricular Assist Device*, in:  
30 Heart Replacement Artificial Heart 5, Seiten 245-252,  
Springer Verlag Tokyo 1996, Herausgeber T. Akutso und  
H. Koyagani, ist eine gattungsgemäße axiale Blutpumpe  
zur Unterstützung eines erkrankten Herzens bekannt, die  
in den Brustraum eines Patienten implantierbar ist. Die  
35 axiale Blutpumpe weist ein rotierendes Laufrad mit  
einer Beschaufelung auf, das innerhalb eines  
blutführenden Rohres gelagert und mittels eines  
Elektromotors angetrieben wird.

5       Hierzu ist das Laufrad als Rotor des Elektromotors  
ausgebildet und über in der Beschaufelung angebrachte  
Magnete mit dem gehäusefesten Stator des Elektromotors  
gekoppelt. Eine Axial- und Radiallagerung des Rotors  
10       erfolgt über eine Spitzenlagerung, bei der der Rotor  
punktweise an in der Strömung angeordneten Lager-  
elementen abgestützt wird. Eine derartige Anordnung ist  
auch aus der US A 4,957,504 bekannt.

15       Die bekannte Blutpumpe weist den Nachteil auf, daß das  
geförderte Blut in nicht unerheblichem Ausmaße eine  
Traumatisierung und Schädigung erfährt. Insbesondere  
besteht die Gefahr einer Thrombenbildung. Der Grund  
hierfür liegt im wesentlichen in der Ausbildung von  
Totwassergebieten an den Lagern.

20       Ein weiterer Nachteil besteht zweifelsfrei in der  
begrenzten Standzeit der mechanischen Lager infolge  
Verschleißes.

25       Im US-Patent 4 779 614 wird eine implantierbare axiale  
Blutpumpe beschrieben, die aus einem äußeren  
zylindrischen Rohr und einer in diesem Rohr rotierenden  
Rotornabe zur Blutförderung besteht. Der Rotor ist  
magnetisch gelagert und trägt gleichzeitig die  
Rotormagnete des Antriebes und die Laufschaufeln. Der  
magnetisch gelagerte Rotor bildet mit der am äußeren  
30       Rohr befestigten Statorbeschaufelung lange, enge  
Spalte. Durch die Anordnung von zwei Motor-Stator-  
Kombinationen jeweils an den Enden der Pumpe soll die  
radiale Lage des Rotors stabilisiert werden. Die  
Position in Achsrichtung wird durch ein weiteres  
35       Magnetpaar, das auch die Axialkräfte des Rotors  
aufnehmen soll, stabilisiert. Obwohl ein relativ  
breiter Ringspalt für die Fluidströmung vorgesehen ist  
und mit der magnetischen Lagerung des Rotors  
wesentliche Entwicklungsziele für implantierbare

5 Blutpumpe bezüglich kompakter Bauweise und Freiheit von  
Dichtungs- und Lagerproblemen verfolgt werden können,  
weist diese Blutpumpe gravierende Nachteile für die  
Funktion und den konstruktiven Aufbau der Pumpe auf.  
Die überlangen engen Spalte zwischen der Rotornabe und  
10 den Leitschaufeln am Stator erhöhen die Gefahr der  
Blutschädigung durch große Geschwindigkeitsgradienten  
der Spaltströme. Die zur Rotorstabilisierung notwendige  
Anordnung von zwei Motoren ist konstruktiv aufwendig.  
Weiterhin ist der Rotor in axialer Richtung nicht  
15 formschlüssig gesichert und stellt dadurch ein  
Restrisiko dar.

In dem US-Patent 5 385 581 ist ebenfalls eine axiale  
Blutpumpe mit magnetischer Lagerung beschrieben. Die  
20 Lagermagneten sind im Rotor und im Statorbereich  
entgegengesetzt gepolt angeordnet.  
Nachteiligerweise führt das zum Stillstand der Pumpe,  
wenn die Lagerung versagt. Ferner ist es nachteilig,  
daß kein sogenanntes Nachleitgitter vorgesehen ist, das  
25 heißt, den gesamten Druck baut das Laufrad auf, und der  
Restdrall verbleibt in der Strömung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine  
Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- und  
30 mehrphasigen Fluiden zur Verfügung zu stellen, die bei  
einfachem konstruktivem Aufbau das zu fördernde Fluid  
in seinen Eigenschaften nicht oder nur unwesentlich  
verändert, Totwassergebiete und Verwirbelungen des zu  
fördernden Fluids minimiert und eine pulsierende  
35 Förderung ermöglicht.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den  
kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1.

5        Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

      Eine erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich dadurch aus, daß das im Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers angeordnete, in Rotation versetzbare Förderteil mittels  
10        einer Magnetlagerung gelagert ist. Hierzu sind in das Förderteil bevorzugt sowohl permanentmagnetische Lagerelemente für die Magnetlagerung als auch permanentmagnetische Elemente für die Funktionalität  
15        als Motorrotor eines Elektromotors integriert. Die Verwendung einer Magnetlagerung erlaubt es, auf üblicherweise in der Strömung des zu fördernden Fluids angeordnete Lagerelemente, die zu Totwassergebieten und Verwirbelungen des zu fördernden Fluids führen und  
20        dadurch die Strömung in negativer Weise beeinflussen, zu verzichten.

      Des Weiteren ist eine Magnetlagerung verschleißfrei, so daß hohe Standzeiten gesichert werden, was insbesondere  
25        bei der Anwendung als Blutpumpe zur Unterstützung oder dem Ersatz des menschlichen Herzens bedeutsam ist und darüber hinaus zu einer Kosteneinsparung führt.

      Diese Ausbildung der Erfindung stellt einen einfachen konstruktiven Aufbau zur Verfügung, da hier auf mechanische Lagerelemente verzichtet wird. Die für die magnetische Lagerung erforderlichen permanentmagnetischen Lagerelemente sind zusätzlich zu den permanentmagnetischen Elementen des Motorrotors  
30        unmittelbar am Förderteil angeordnet. Die magnetische Lagerung nimmt vorteilhafterweise sowohl die axialen als auch die radialen Kräfte auf.  
35



5 In einer bevorzugten Ausgestaltung ist eine Axialstabilisierung zur Stabilisierung der axialen Lage des Förderteiles vorgesehen. Die Axialstabilisierung stellt eine aktive Regelung der axialen Lage des Förderteiles zur Verfügung, wobei dem Förderteil  
10 stirnseitig zugeordnete Ringspulen einen axialen Magnetfluß erzeugen, der den axialen Magnetfluß der permanentmagnetischen Lagerelemente überlagert und der Regelung der axialen Lage dient. Derartige Stabilisierungsanordnungen sind für die erfindungs-  
15 gemäße axiale Flüssigkeitspumpe bzw. Blutpumpe nicht bekannt..

Beispielsweise sind die permanentmagnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung in die Rotornaben und  
20 die magnetischen Elemente des Motorrotors in das Förderteil integriert. Das erfindungsgemäße Förderteil ermöglicht ein besonders günstiges Strömungsverhalten des zu fördernden Fluids. Der notwendigerweise vorhandene Rotorspalt zwischen der Außenseite des  
25 Förderteiles und der Innenseite des rohrförmigen Hohlkörpers ist dabei derart ausgelegt, daß sowohl die Motorverluste als auch durch den Spalt auftretende Strömungsverluste minimiert sind. Dabei ist zu beachten, daß die auftretenden Motorverluste um so  
30 größer sind, je weiter der Motorrotor vom Motorstator entfernt ist. Ein kleiner Rotorspalt ist motorseitig daher als günstig anzusehen. Andererseits führt ein kleiner Rotorspalt jedoch zu großen Reibungsverlusten der Strömung und ist daher strömungstechnisch  
35 ungünstig. Ein geeigneter Kompromiß für Blutpumpen liegt beispielsweise in der genannten Rotorspaltbreite von 0,5 bis 2,5 mm.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird  
das in Rotation versetzbare Förderteil durch eine  
Rotornabe, eine mit der Rotornabe drehfest verbundenen  
Beschaufelung und eine Integration der magnetischen  
10 Elemente des Motorrotors sowie der permanent-  
magnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung in die  
Rotornabe und/oder die Beschaufelung gekennzeichnet.  
Dadurch wird die Entstehung von Strömungsverlusten bei  
dieser Ausführungsvariante minimiert. Die permanent-  
15 magnetischen Lagerelemente der Magnetlagerung sind bei  
dieser Ausgestaltung bevorzugt in der Rotornabe  
angeordnet. Bevorzugt sind für eine sowohl in  
Strömungsrichtung als auch entgegen der Strömungs-  
richtung steife axiale Lagerung des Förderteils an  
20 beiden Enden der Rotornabe permanentmagnetische  
Lagerelemente angeordnet, die jeweils mit permanent-  
magnetischen Lagerelementen einer axial beabstandeten  
Fluid-Leiteinrichtung zusammenwirken. Die magnetischen  
Elemente des Motorrotors sind hier zwischen den beiden  
25 endig angeordneten permanentmagnetischen Lagerelementen  
angeordnet.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung  
besteht darin, daß in die Naben der axialen Blutpumpe  
und/oder in die Wandung des rohrförmigen Hohlkörpers  
30 Sensoren zur Erfassung des momentanen Blut-  
Volumenstromes und der momentan von der Pumpe erzeugten  
Druckdifferenz integriert sind. Beide Meßgrößen stehen  
im Controller der Fördereinrichtung für Soll-Ist-  
Vergleiche zur Verfügung und eröffnen damit die  
35 Möglichkeit für eine Regelung des Fördervorganges im  
Sinne einer physiologisch optimalen, der natürlichen  
Herzaktion angepaßten pulsatilen Förderung mittels  
zeitabhängiger Drehzahländerung des Rotors oder einer  
im Sinne geringen Energieverbrauchs optimierten

5        pulsatilen Förderung durch die Pumpe, gleichfalls  
realisiert durch zeitabhängige Drehzahländerung.

10        In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der  
Erfindung sind an der Stirnseite der Rotornabe Mittel  
vorgesehen, die im Nabenspalt zwischen Fluid-  
Leiteinrichtung und Förderteil befindliches Fluid  
radial nach außen fördern, etwa radiale  
Beschaufelungen, Rillen, Ausbuchtungen oder ballige  
Formgebungen.

15        Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung  
besteht darin, daß in mindestens einer der Fluid-  
Leiteinrichtungen eine axial verlaufende Bohrung  
vorgesehen ist, die von zu förderndem Fluid durchströmt  
20        wird und die bewirkt, daß im Nabenspalt zwischen Fluid-  
Leiteinrichtung und Förderteil befindliches Fluid  
radial nach außen transportiert wird.

25        Beide vorgenannten Weiterbildungen beeinflussen die  
radiale Druckverteilung und generieren Ausgleichs-  
strömungen zur Verhinderung von Totwassergebieten im  
Nabenspalt zwischen den Stirnseiten von Fluid-  
Leiteinrichtung und Förderteil.

30        In einer weiteren Ausbildung der Erfindung weist das  
Förderteil, insbesondere die Rotornabe in axialem  
Abstand zwei Beschaufelungen auf. Hierdurch wird ein  
sogenanntes Tandemgitter gebildet.

35        Vorteilhafterweise wird dadurch die je Schaufelreihe zu  
erbringende Druckerhöhung herabgesetzt. Darüber hinaus  
schränkt diese besondere Ausbildung des Rotors der  
Fördereinrichtung störende Kippbewegungen desselben  
zusätzlich ein.

5 Weitere Ausbildungen der Erfindung zeichnen sich  
dadurch aus, daß die Lagerung des Rotors durch  
Kombination einer magnetischen Axiallagerung mit einer  
mechanischen Radiallagerung bewerkstelligt wird. Eine  
vorteilhafte Weiterbildung ist dadurch gekennzeichnet,  
10 daß die Naben auf ihrer dem Rotor zugewandten  
Stirnseite Achsstümpfe besitzen, die im Zusammenwirken  
mit Gleitlagerbuchsen, die stirnseitig in den Rotor  
eingesetzt sind und in die Achsstümpfe hineinragen, die  
radiale Lagerung des Rotors mit sehr hoher Steifigkeit  
15 übernehmen oder daß eine durchgehende Achse existiert,  
die in die Stirnseiten der Naben eingesetzt ist und auf  
der der Rotor mittels Gleitlagerbuchsen radial mit  
hoher Steifigkeit gelagert ist. In diesen Ausbildungen  
der Erfindung wird die axiale Lagerung des Rotors über  
20 abstoßend wirkende, permanentmagnetische Lagerelemente  
in der Rotornabe und in den Naben der Befestigungs-  
elemente realisiert.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist  
25 dadurch charakterisiert, daß die Rotornabe beidseitig  
Achstümpfe besitzt, die in Gleitlagerbuchsen umlaufen,  
die sich in den Stirnseiten beider Naben befinden und  
auf diese Weise eine radiale Lagerung mit hoher  
Steifigkeit sichern. In dieser Ausbildung der Erfindung  
30 wird die axiale Lagerung des Rotors über abstoßend  
wirkende, permanentmagnetische Lagerelemente in der  
Rotornabe und in den Naben der Befestigungselemente  
realisiert.

35 Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die  
Figuren der Zeichnung beispielhaft näher erläutert.

Es zeigen

- 5      Fig. 1   eine axiale Blutpumpe in Schnittdarstellung,
- Fig. 2   eine   axiale   Fördervorrichtung   mit   Magnet-  
                 lagerung, Axialstabilisierung und Positions-  
                 sensorik in Längsschnittdarstellung,
- 10      Fig. 2a   eine   Schnitt-A-A-Darstellung   der   axialen  
                 Fördervorrichtung gemäß Fig. 2,
- Fig. 2b   eine   axiale   Fördervorrichtung   mit  
15                   Magnethalterung in Längsschnitt,
- Fig. 2c   eine   Schnitt-A-A-Darstellung   der   axialen  
                 Fördervorrichtung gemäß Fig. 2b,
- 20      Fig. 2d   eine   axiale   Fördervorrichtung   mit   konischem  
                 Förderteil in Längsschnittdarstellung,
- Fig. 3a   eine   Magnethalterung   für   eine   axiale   Förder-  
                 vorrichtung,
- 25      Fig. 3b   die   Magnethalterung   gemäß   Fig.   3a   im   Quer-  
                 schnitt,
- Fig. 4   ein Förderteil mit Doppelbeschaufelung,
- 30      Fig. 5   eine   Fluid-Leiteinrichtung mit Positionssensor  
                 und permanentmagnetischem Lagerelement,
- Fig. 5a   die   Fluid-Leiteinrichtung gemäß Fig. 5 in der  
35                   Darstellung Schnitt-B-B,
- Fig. 6   eine   axiale   Fördervorrichtung   mit   axialer  
                 gleichgepolter (abstoßende) Magnetlagerung  
                 kombiniert mit einer radialen Achslagerung,

- 5        Fig. 6a eine axiale Fördervorrichtung mit radialer  
         Achslagerung, Stabilisatoren und entgegen-  
         gesetzter Lagermagnetpolung (anziehend),
- 10       Fig. 7a eine schematische Vorderansicht der Stirnseite  
         einer Rotornabe oder Nabe,
- Fig. 7b eine schematische Vorderansicht der Stirnseite  
         einer weiteren Rotornabe oder Nabe,
- 15       Fig. 7c eine schematische Vorderansicht der Stirnseite  
         einer Rotornabe oder Nabe mit exzentrischer  
         Erhöhung,
- 20       Fig. 8 eine schematische Schnittdarstellung eines  
         Nabenspaltes, gebildet zwischen Förderteil und  
         Nabe eines Befestigungselementes,
- Fig. 8a eine schematische Schnittdarstellung eines  
         Nabenspaltes gebildet zwischen Förderteil und  
25       Nabe eines Befestigungselementes und
- Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung durch eine  
         Nabe mit axialer Bohrung.
- 30       Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausführung einer  
         erfindungsgemäßen Blutpumpe mit Pumpengehäuse 3 und  
         Stabilisatorgehäuse 2. Außerhalb eines rohrförmigen  
         Hohlkörpers 1, in dem in axialer Richtung das Fluid  
35       gefördert wird, ist um den Hohlkörper 1 herum ein  
         Motorstator 31 mit Motorwicklungen 33 angeordnet. Der  
         Motorstator 31 treibt ein Förderteil 5 an, das einen  
         Motorrotor 32 und eine Rotornabe 52 enthält und das im  
         Inneren des rohrförmigen Hohlkörpers 1 gelagert ist.

5 Die Rotornabe 52 weist eine Rotorbeschaufelung 53 auf.  
In Strömungsrichtung vor und hinter der Rotornabe 52  
sind Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' mit Fluidleit-  
beschaufelungen 72 und 72' an der Innenwand des  
rohrförmigen Hohlkörpers 1 fixiert. Zwischen den Fluid-  
10 Leiteinrichtungen 7 und 7' und der Rotornabe 52 ist ein  
sogenannter Nabenspalt 9 ausgebildet. Über den  
Motorstator 31 ist der Motorrotor 32, der mit der  
Rotornabe 52 kombiniert ist, in Rotation versetzbar.

15 Beim Betrieb der Blutpumpe wird das ausströmende Blut  
durch einen Krümmer 6 dem Förderteil 5 zugeführt und  
wird dort mittels der Rotorbeschaufelung 53 in Rotation  
versetzt, wobei die Rotornabe 52 für strömungsdynamisch  
günstige Verhältnisse sorgt. Für eine strömungs-  
20 technisch vorteilhafte Anströmung der Rotor-  
beschaufelungen 53 sorgt die stromaufwärts fest mit dem  
Hohlkörper 1 verbundene Fluid-Leiteinrichtung 7' mit  
ihren Beschaufelungen 72'. Der Drucksensor 60 erlaubt  
die Druckmessung im zuströmenden Fluid. Das Förderteil  
25 5 erhält seinen Antrieb in an sich bekannter Weise  
durch magnetische Kopplung des Motorrotors 32 mit dem  
Motorstator 31. Eine Bildung von Thromben bei Blut als  
zu förderndem Medium ist stark minimiert, da aufgrund  
der Magnetlagerung keine Lagerelemente in der Strömung  
30 angeordnet sind, die eine Bildung von Totwassergebieten  
herbeiführen könnten. Eine Verwirbelung und damit  
verbundene Strömungsverluste erfolgt lediglich in  
geringem Maße. Ein Rotorspalt 8 zwischen Rotornabe 52  
und Innenwand des Hohlkörpers 1 weist dabei eine Breite  
35 auf, die die Strömungsverluste klein hält und  
gleichzeitig auch die Motorverluste begrenzt, die mit  
zunehmendem Abstand des Motorrotors 32 vom Motorstator  
31 zunehmen. Als besonders günstig hat sich  
beispielsweise eine Breite des Rotorspaltes 8 zwischen

5 0,5 und 2,5 mm herausgestellt. Nach Beschleunigung des  
Fluids durch die Rotorbeschaufelung 53 der Rotornabe 52  
und einem damit einhergehenden Druckaufbau wird das  
Fluid in die Fluid-Leiteinrichtung 7 geleitet, wo es  
eine Umlenkung in axiale Richtung erfährt und ein  
10 weiterer Druckaufbau erfolgt. Durch die Formgebung der  
Fluid-Leitbeschaufelung 72 der Fluid-Leiteinrichtung 7  
wird sichergestellt, daß die Umlenkung des Fluids in  
axialer Richtung schonend und ebenfalls im wesentlichen  
ohne Verwirbelung erfolgt.

15 Das Blut verläßt die Blutpumpe über einen Krümmer 6'  
und strömt in eine Aortenkanüle 62, die am Krümmer 6'  
mittels eines lösbaren Verbindungselementes 63  
befestigt ist. Ein speziell geschirmtes Kabel 11a, das  
die Versorgungs- und die Signalleitungen für den  
20 Motorstator 31, den Axialstabilisator 12 und die  
Sensorik 60, 61 und 43 enthält, ist über den  
Kabelstutzen 11 mit der Blutpumpe verbunden.  
Die Funktion der magnetischen Lagerung ist anhand von  
Fig. 2 und 2a beschrieben.

25 Fig. 2 und Fig. 2a zeigen weiterhin jeweils im  
Längsschnitt und im Querschnitt eine weitere  
beispielhafte Ausführung einer Blutpumpe mit einer  
magnetisch gelagerten Rotornabe 52. In der Rotornabe 52  
30 ist der Motorrotor 32 mit jeweils an den Enden  
angeordneten permanentmagnetischen Lagerelementen 42  
kombiniert, die in einer Fassung 4 gehalten sind. In  
den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' sind direkt  
permanentmagnetischen Lagerelementen 42 gegenüber-  
35 stehend permanentmagnetische Lagerelemente 41  
angeordnet. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41  
und 42 sind hier entgegengesetzt gepolt. Die axial  
gerichtete, sich zwischen den permanentmagnetischen  
Lagerelementen 41 und 42 ausbildende Anziehungskraft



5 sorgt dafür, daß das Förderteil 5 koaxial im  
rohrförmigen Hohlkörper 1 gehalten wird und radiale  
Auslenkungen korrigiert werden. Positionssensoren 43,  
die ebenfalls in den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7'  
angeordnet sind, ermitteln die Breite des Nabenspalt  
10 9 und regeln diese über den Axialstabilisator 12. Der  
Axialstabilisator 12 ist in einem Stabilisatorgehäuse 2  
angeordnet. Die Axialstabilisatoren 12, ausgebildet als  
Spulen, erzeugen bei eingeschaltetem Strom ein  
Magnetfeld, das über das Stabilisatorgehäuse 2 und die  
15 Flußleitstücke 10 so geleitet wird, daß das Förderteil  
5 eine stabile axiale Lage zwischen den Fluid-  
Leiteinrichtungen 7 und 7' einnimmt. An den Enden der  
Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' sowie an der Außenwand  
des rohrförmigen Hohlkörpers 1 sind Drucksensoren 60  
20 sowie ein Flußsensor 61 zur Charakterisierung der  
Strömung angebracht. Das aus dem Motorrotor 32 und den  
permanentmagnetischen Lagerelementen 42 sowie der  
Rotorbeschaukelung 53 bestehende Förderteil 5 wird über  
den Motorstator 31 in Rotation versetzt. Radiale  
25 Abweichungen bei der Rotation werden durch die  
entgegengesetzt gepolten permanentmagnetischen Lager-  
elemente abgefangen, während die axiale Stabilisierung  
über die Positionssensoren 43 und die Axial-  
stabilisatoren 12 erfolgt. Die Konzentrierung der  
30 Hauptmasse der permanentmagnetischen Lagerelemente 42  
im Bereich der Achse des Förderteiles 5 ermöglicht, die  
Pumpe in einer pulsatilen Betriebsweise zu betreiben,  
beispielsweise durch schnelle Drehzahländerung des  
Rotors.

35

Alternativ sind die permanentmagnetischen Lagerelemente  
41 und 42 statt als Vollzylinder als permanent-  
magnetische Ringe ebenfalls mit axialer Magnetisierung  
ausgebildet. Beliebige, dem Fachmann bekannte

5        Ausgestaltungen können für die genaue Ausbildung der  
permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 verwendet  
werden.

10        Für eine Stabilisierung der axialen Lage des  
Förderteiles 5 bzw. der Rotornabe 52 ist in  
beispielhafter Ausführung ein Axialstabilisator 12  
vorgesehen, der mit Positionssensoren 43 zusammenwirkt  
und der über die Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' auf  
15        das Förderteil 5 jeweils stirnseitig einwirkt und eine  
hier nicht dargestellte elektronische Steuerschaltung  
benutzt. Der Axialstabilisator 12 bewirkt eine aktive  
Regelung der axialen Lage des Förderteiles 5, wobei die  
Stabilisierungsspulen entsprechend der vorgenommenen  
20        Regelung mit Strömen beaufschlagt werden und dabei  
einen axialen Magnetfluß erzeugen, der den axialen  
Magnetfluß der permanentmagnetischen Elemente über-  
lagert und der Regelung der axialen Lage dient. Die  
Positionssensoren 43 stellen Abweichungen von der  
axialen Sollposition des Förderteiles 5 fest und leiten  
25        diese Information an die Steuerschaltung weiter.

Fig. 2b und Fig. 2c zeigen im Längs- und im Querschnitt  
eine weitere beispielhafte Ausführung einer  
erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Halterungen 75, die  
30        in Strömungsrichtung gesehen vor und hinter dem  
Förderteil 5 angeordnet sind, bestehen aus einer Nabe  
73, die mit Stützen 74 an der Innenwand des  
rohrförmigen Hohlkörpers 1 befestigt sind. Die Stützen  
74 sind hier beispielhaft im Abstand von 90° um die  
35        Nabe 73 angeordnet. Grundsätzlich würde auch eine  
Stütze 74 ausreichen. Die Halterung 75 dient im  
wesentlichen der Aufnahme der permanentmagnetischen  
Lagerelemente 41. Die sich gegenüberstehenden  
permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind auch

5 hier entgegengesetzt gepolt. Für die axiale Stabilisierung sorgen der Axialstabilisator 12, der Positionssensor 43 und eine nicht dargestellte Regelelektronik.

10 In Fig. 2d sind in weiterer beispielhafter Ausführung das Förderteil 5 und die Fluidleiteinrichtung 7 konisch ausgebildet. Ein konischer Rotor 80 des Förderteiles 5 vergrößert sich in Strömungsrichtung und geht weiter konisch sich vergrößernd in eine konische  
15 Leiteinrichtung 81 über. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 sind entgegengesetzt gepolt, die axiale Stabilisierung erfolgt auch hier über die Positionssensoren 43 in Verbindung mit dem Axialstabilisator 12.

20 Die Figuren 3a und 3b zeigen jeweils im Längs- und im Querschnitt im Detail eine beispielhafte Ausführung der Halterung 75 mit Stützen 74.

25 Fig. 4 zeigt ein Förderteil 5 mit der Rotornabe 52, um die herum zwei Rotorbeschaufelungen 53 und 53' angeordnet sind. Die Anordnung von zwei oder mehr Rotorbeschaufelungen 53 ermöglicht es, die Wirkung der Beschaufelung des Förderteiles 5 zu erhöhen.

30 In Fig. 5 und Fig. 5a sind im Längs- und im Querschnitt Fluid-Leiteinrichtungen 7 bzw. 7' dargestellt, bei denen das permanentmagnetische Lagerelement 41 vom Positionssensor 43 umgeben ist.

35 Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Hier ist die Magnetlagerung mit einer mechanischen radialen Lagerung kombiniert. Die permanentmagnetischen Lagerelemente 41

5 und 42 sind gleichsinnig gepolt. Die mechanische Lagerung besteht aus einer Achse 44, die in den Fluid-Leiteinrichtungen 7 und 7' fest fixiert ist, während das andere Ende der Achse 4 in einer Lagerbuchse 45 des Förderteiles 5 drehbar gelagert ist. Aufgrund der  
10 gleichsinnigen Polung der sich gegenüber stehenden permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 entfällt hier vorteilhafterweise eine Axialstabilisierung. Die radiale Stabilisierung erfolgt über die Achse 44.

15 In Fig. 6a, in der ebenfalls eine mechanische radiale Lagerung mit einer Magnetlagerung kombiniert ist, sind die permanentmagnetischen Lagerelemente 41 und 42 im Gegensatz zu Fig. 6 entgegengesetzt gepolt. Das macht es hier erforderlich, im Stabilisatorgehäuse 2  
20 Axialstabilisatoren 12 anzuordnen, Positionssensoren 43 und eine Regelelektronik vorzusehen.

Maßnahmen, die die radiale Druckverteilung beeinflussen und Ausgleichsströmungen zur Verhinderung von  
25 Totwassergebieten im Bereich der Rotornabe 52, das heißt im Nabenspalt 9 zwischen den Stirnseiten der Fluid-Leiteinrichtung 7 und 7' und Förderteil 5, bewirken, sind in Fig. 7a, b, c, 8 und 8a dargestellt. In Fig. 7a ist auf einer Stirnseite 722 der Fluid-  
30 Leiteinrichtung 7, 7' eine sich vom Zentrum radial nach außen erstreckende Rippe 723 angeordnet.

In Fig. 7b ist die Rippe 724 gebogen ausgebildet. Statt derartiger Rippen können an der Stirnseite 722 auch konvexe und/oder konkave Wölbungen, radiale  
35 Beschaufelungen, Mikroschaufeln, Rippen, Rillen und exzentrische Erhöhungen 725 (Fig. 7c) beliebiger Form oder auch einfach eine Rauigkeit der Oberfläche vorgesehen sein. Entscheidend ist allein, daß es sich hierbei um Mittel handelt, durch die das Fluid bei

5       Rotation des Förderteiles 5 radial aus dem Nabenspalt 9  
(vgl. Fig. 9) herausbefördert wird. Selbstverständlich  
können diese Mittel auch an der Stirnseite der  
Rotornabe 52 angeordnet sein.

10       Die Darstellung gemäß Fig. 8 bewirkt vorteilhafterweise  
zusätzlich eine Verbesserung der Notlaufeigenschaften  
im Falle des Ausfallens der Axialstabilisierung.

15       In Fig. 9 weist die Nabe 73 eine axiale Bohrung 726  
auf, die vom zu fördernden Fluid durchströmt wird und  
bewirkt, daß im Nabenspalt 9 befindliches Fluid  
zusätzlich radial transportiert wird.

20       Es wird darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße  
Magnetlagerung nicht auf zylindrische Formen der  
Magnete beschränkt ist. Weitere geometrische  
Ausgestaltungen der permanentmagnetischen Lagerelemente  
41 und 42 sind möglich.

25       Die Erfindung bezieht sich in ihrer Ausführung nicht  
nur auf die vorgenannten Ausführungsbeispiele.  
Wesentlich für die Erfindung ist allein, daß das  
Förderteil 5 der Axialpumpe bzw. der Blutpumpe mittels  
Magnetlagerung in dem rohrförmigen Hohlkörper 1  
30       gelagert ist.

5

**Bezugszeichenliste**

	1	Rohrförmiger Hohlkörper
	2	Stabilisatorgehäuse
	3	Pumpengehäuse
10	4	Fassung
	5	Förderteil
	6	Krümmner
	6'	Krümmner
	7	Fluid-Leiteinrichtung
15	7'	Fluid-Leiteinrichtung
	8	Rotorspalt
	9	Nabenspalt
	10	Flußleitstück
	11	Kabelstutzen
20	11a	Kabel
	12	Axialstabilisator
	31	Motorstator
	32	Motorrotor
	41	permanentmagnetisches Lagerelement
25	42	permanentmagnetisches Lagerelement
	43	Positionssensor
	44	Achse
	45	Lagerbuchse
	51	
30	52	Rotornabe
	53	Rotorbeschaufelung
	60	Drucksensor
	61	Flußsensor
	62	Aortenkanüle
35	63	Verbindungselement

- 5        72    Fluid-Leitbeschaufelung
- 72'   Fluid-Leitbeschaufelung
- 73    Nabe
- 74    Stütze
- 75    Halterung
- 10       76    Nabenkappe
- 722    Stirnseite
- 723    Rippe
- 724    Rippe
- 725    Erhöhung
- 15       726    Bohrung
- 80    konischer Rotor
- 81    konische Leiteinrichtung

5

**Patentansprüche**

10

1. Vorrichtung zur schonenden Förderung von ein- oder mehrphasigen Fluiden, bestehend aus einem rohrförmigen, das Fluid im wesentlichen axial führenden Hohlkörper (1), in dem in axialer Ausrichtung ein mit einem außerhalb des Hohlkörpers (1) befindlichen Motorstator (31) in Rotation versetzbares Förderteil (5) gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß
- das in Rotation versetzbare Förderteil (5) zwischen zwei im Hohlkörper (1) fixierte Befestigungselemente (7, 7', 75), durch je einen Nabenspalt (9) berührungsfrei getrennt, gelagert ist, wobei sowohl die Befestigungselemente (7, 7', 75) als auch das Förderteil (5) funktionell zusammenwirkende Lager-  
elemente (41, 42 und/oder 44, 45) aufweisen.

25

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

30

Sensoren (43) und Stabilisatoren (12) zur Positionserfassung und Positions Korrektur des Förderteiles (5) in den Befestigungselementen (7, 7', 75) und an oder in der Wandung des Hohlkörpers (1) angeordnet sind.

35



5

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß

zur Strömungscharakterisierung Druck- und  
Flußsensoren (60, 61) in den Befestigungselementen  
10 (7, 7', 75) und/oder an oder in der Wandung des  
Hohlkörpers (1) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

15 dadurch gekennzeichnet, daß

die funktionell zusammenwirkenden Lager Elemente  
(41, 42, 44, 45) permanentmagnetische Lager Elemente  
(41, 42) aufweisen, die in den Befestigungs-  
elementen (7, 7', 75) und im Förderteil (5) jeweils  
20 gegenüberstehend angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß

25 die funktionell zusammenwirkenden Lager Elemente  
(41, 42, 44, 45) Flußleitstücke (10) aufweisen, die  
in den Befestigungselementen (7, 7', 75) angeordnet  
sind.

30

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Förderteil (5) auf zwei Achsen (44) drehbar  
radial gelagert ist.

35

- 5           7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Förderteil (5) auf einer durchgehenden Achse  
(44) drehbar radial gelagert ist.
- 10           8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Achse (44) mit dem Förderteil (5) oder mit den  
Befestigungselementen (7, 7', 75) fest verbunden  
15           ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
20           die Achse (44) in einer Lagerbuchse (45) drehbar  
radial gelagert ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
25           dadurch gekennzeichnet, daß  
die sich gegenüberstehenden permanentmagnetischen  
Lagerelemente (41, 42) gleichgepolzt sind.
- 30           11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die sich gegenüberstehenden permanentmagnetischen  
Lagerelemente (41, 42) entgegengesetzt gepolzt sind.

5

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
bei entgegengesetzter Polung der permanent-  
magnetischen Lagerelemente (41, 42) ein  
10 Stabilisator (12) zur axialen Stabilisierung des  
Förderteils (5) angeordnet ist.

15

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Befestigungselemente (7, 7', 75) als Fluid-  
Leiteinrichtungen (7, 7') mit Fluidbeschaufelungen  
(72) ausgebildet sind.

20

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
an den dem Förderteil (5) zugewandten Stirnseiten  
(722, 723) der Befestigungselemente (7, 7', 75)  
25 und/oder an den Stirnseiten des Förderteiles (5)  
Rippen (723, 724) sowie Beschaufelungen, Rillen,  
konvexe und/oder konkave Ausbuchtungen oder  
exzentrisch angeordnete Erhöhungen (725) angebracht  
sind.

30

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
in mindestens einem der Befestigungselemente (7,  
35 7', 75) eine axial verlaufende Bohrung (726)  
angeordnet ist.

5

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Rotornabe (52) des Förderteiles (5) in axialem  
Abstand zwei Rotorbeschaufelungen (53) aufweist.

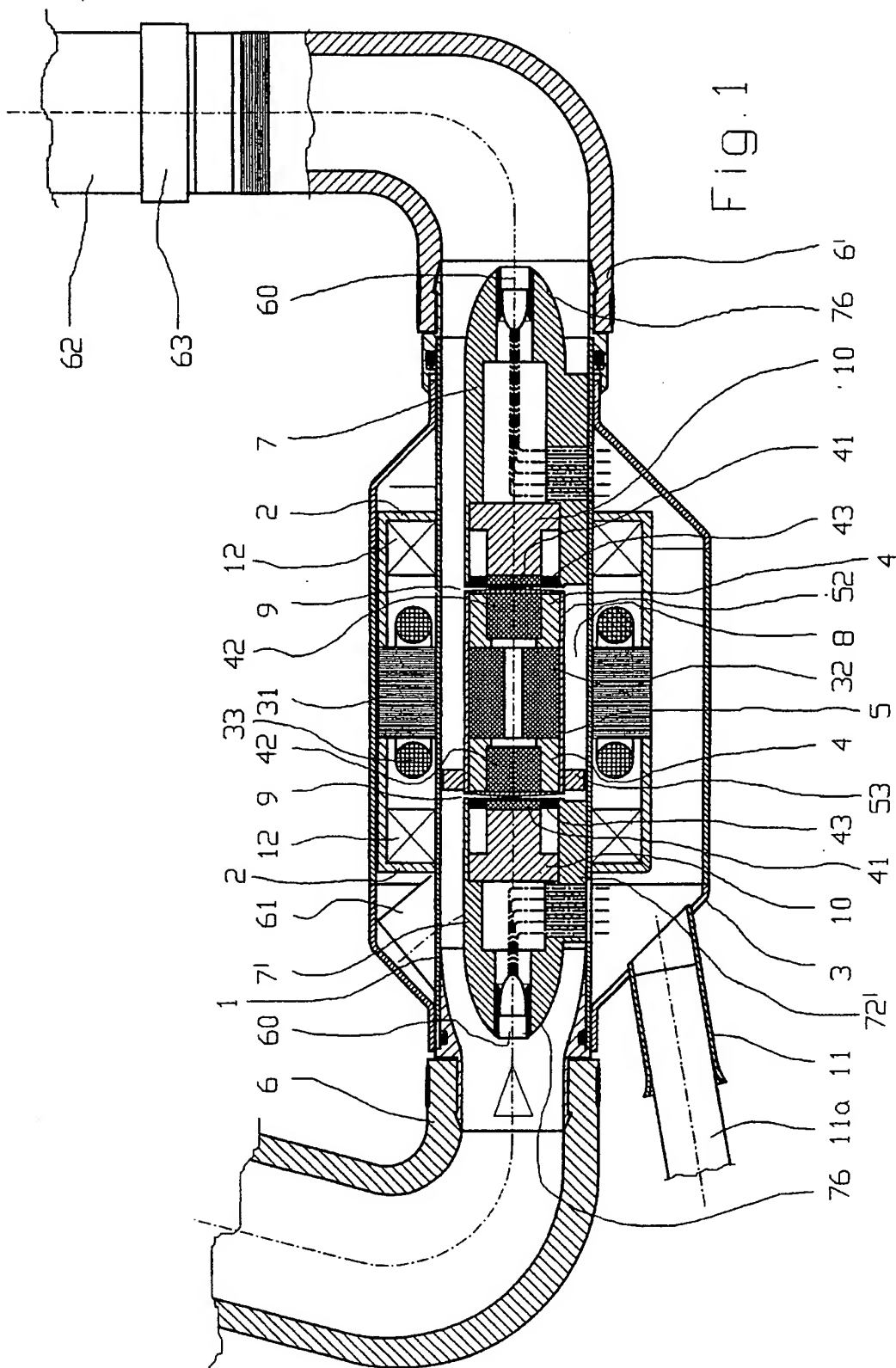
10

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Rotornabe (52) und die Naben (73)  
15 zylinderförmig ausgebildet und die Naben (73) durch  
Nabenkappen (76) an dem dem Förderteil (5)  
abgewandten Ende abgeschlossen sind.

20

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Förderteil (5) und die Halterungen (75), auch  
in der Ausbildung als Fluid-Leiteinrichtungen (7,  
7') in Strömungsrichtung nichtzylindrisch  
25 vergrößert oder verjüngt ausgebildet sind.

1/8





3/8

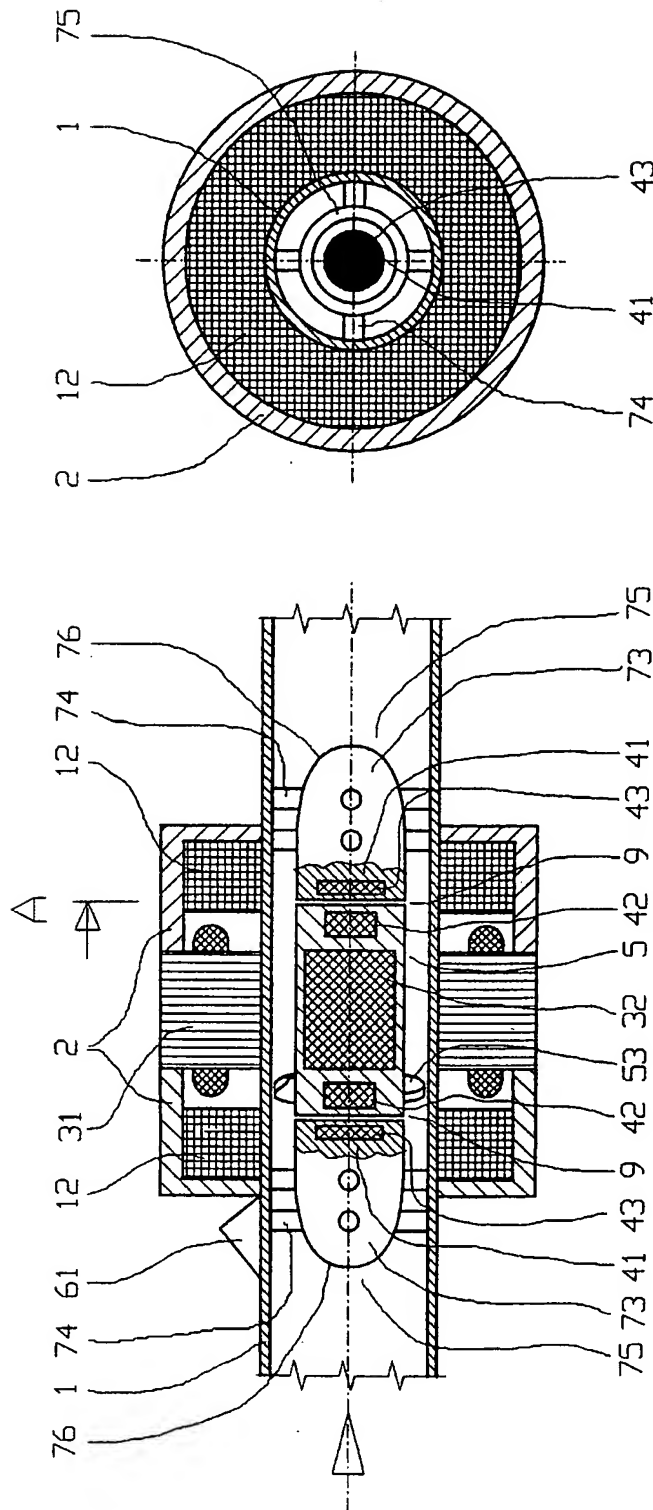


Fig. 2c  
Schnitt A-A

A Fig. 2b

4/8

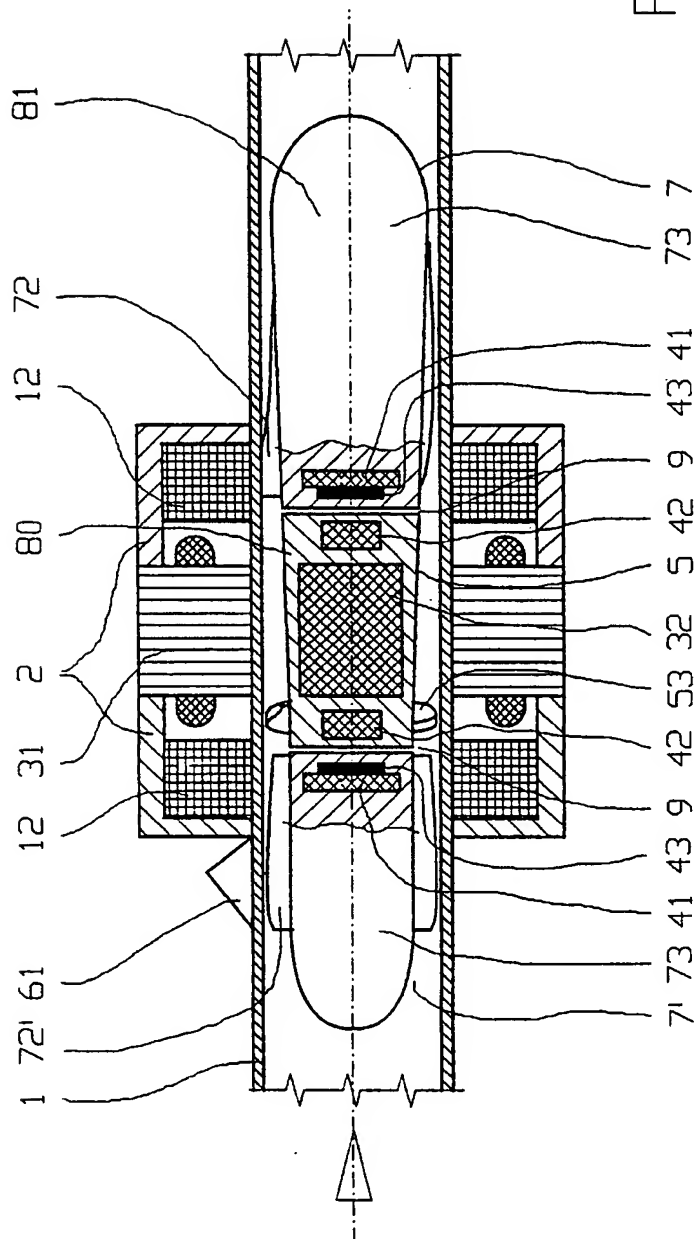


Fig. 2d



5/8

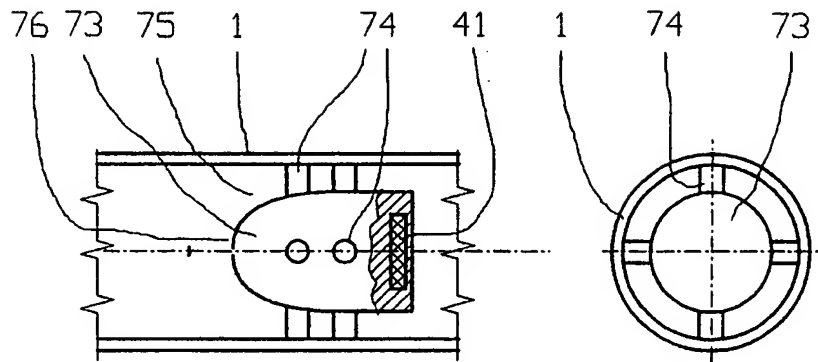


Fig. 3a

Fig. 3b

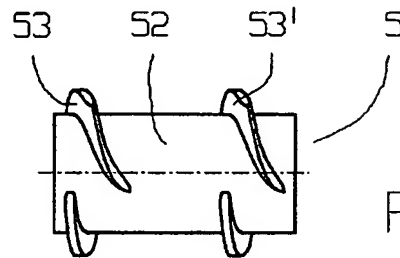


Fig. 4

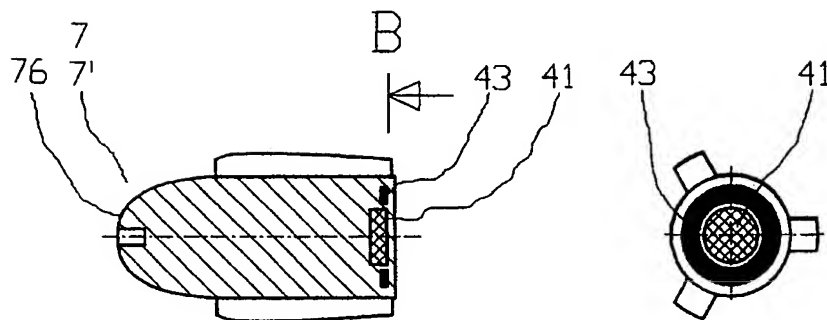


Fig. 5

Fig. 5a  
Schnitt B-B

6/8

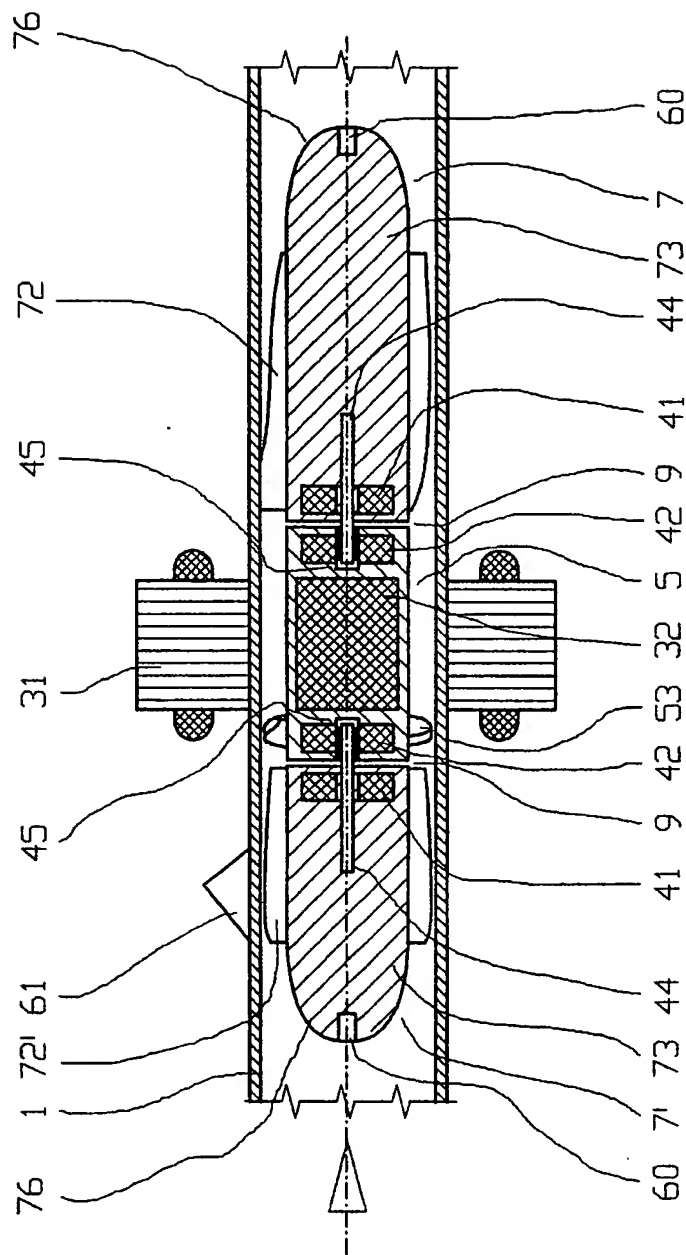


Fig.6

7/8

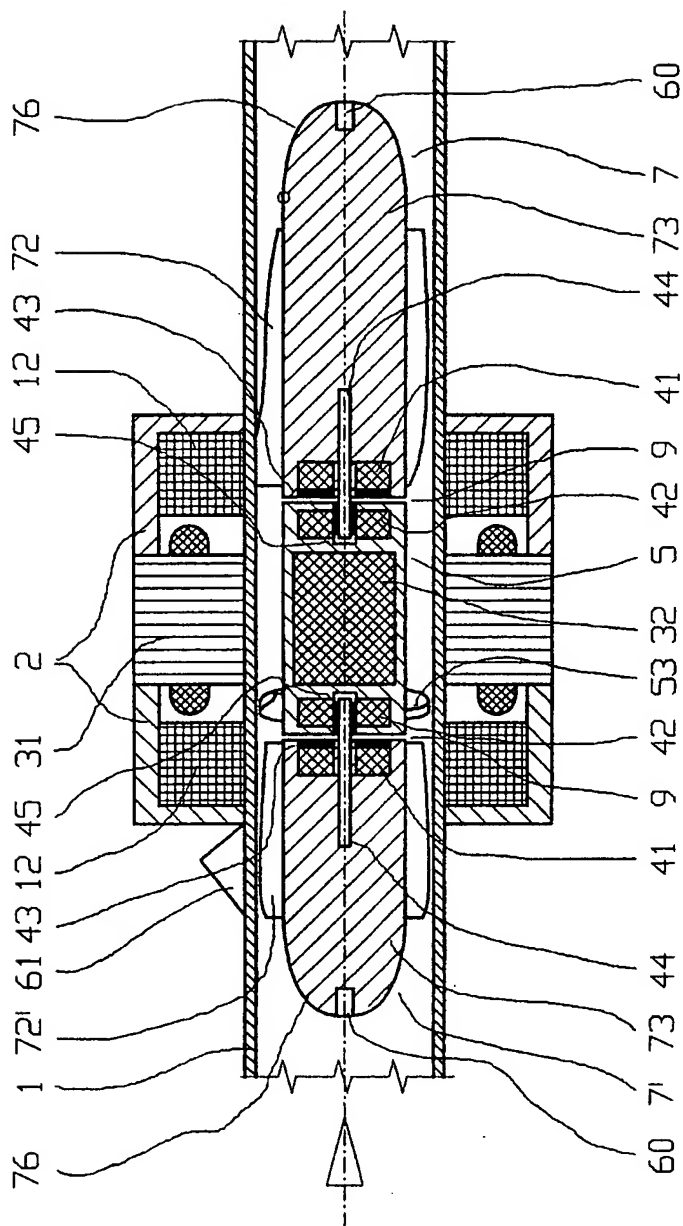


Fig. 6a

8/8

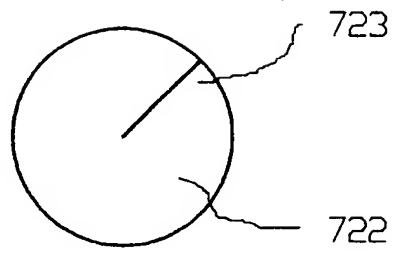


Fig. 7a

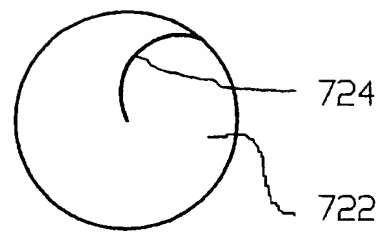


Fig. 7b

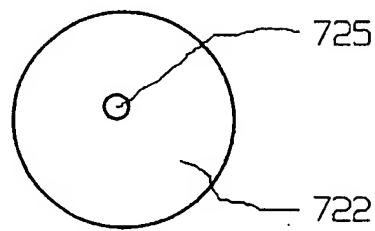


Fig. 7c

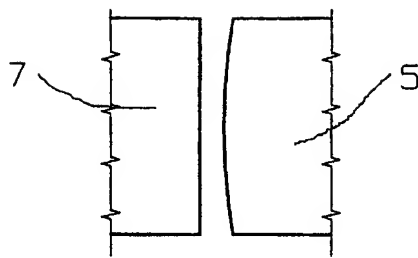


Fig. 8

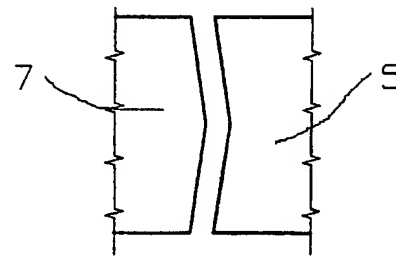


Fig. 8a

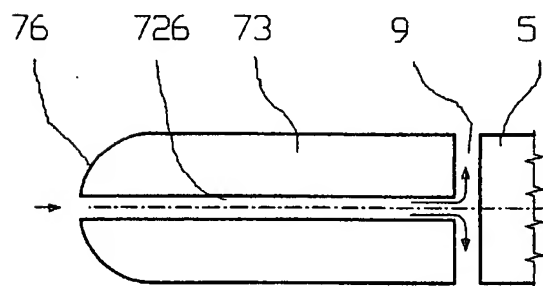


Fig. 9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/03563

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02K7/09 H02K7/14 A61M1/10 F16C39/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K A61M F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 856 666 A (EBARA CORP ;EBARA DENSAN LTD (JP)) 5 August 1998 (1998-08-05)	1,2,4,5, 13,17
Y	column 8, line 35 -column 11, line 24; figures 4,5	3,6-12, 14-16,18
Y	US 5 385 581 A (BRAMM GUNTER L ET AL) 31 January 1995 (1995-01-31)	3
A	cited in the application column 27, line 50 -column 28, line 21; figure 2	1
Y	GB 2 057 590 A (UNITED GAS INDUSTRIES LTD) 1 April 1981 (1981-04-01) the whole document	6-10
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 September 2000

Date of mailing of the international search report

28/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zanichelli, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In. .ational Application No

PCT/EP 00/03563

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 882 427 A (SEALE JOSEPH B) 9 December 1998 (1998-12-09)	11,12
A	page 4, line 39 -page 5, line 24 page 15, line 23 -page 16, line 6; figures ----	1
Y	US 5 211 546 A (ISAACSON MILTON S ET AL) 18 May 1993 (1993-05-18) column 7, line 31 - line 40; figures 1A,,3A,11-17B column 17, line 65 -column 18, line 27 ----	14-16
Y	EP 0 847 767 A (MICROMED TECHNOLOGY INC ;US GOV AS REPRESENTED BY ADMIN (US)) 17 June 1998 (1998-06-17)	18
A	figure 6C ----	6
X	WO 97 49440 A (UNIV PITTSBURGH) 31 December 1997 (1997-12-31) page 12, line 28 -page 17, line 33; figures 1,30 ----	1,2,5,13
X	WO 98 11650 A (SULZER ELECTRONICS AG ;HUGEL JOERG (CH); SCHOEB RETO (CH); LUST AN) 19 March 1998 (1998-03-19) page 32, line 24 -page 33, line 31; figure 14B ----	1,2,4,10
A	US 3 623 835 A (BOYD CHARLES L) 30 November 1971 (1971-11-30) the whole document -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/03563

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0856666 A	05-08-1998	JP 10274174 A US 6092994 A	13-10-1998 25-07-2000
US 5385581 A	31-01-1995	US 5078741 A US 5326344 A US 4944748 A	07-01-1992 05-07-1994 31-07-1990
GB 2057590 A	01-04-1981	NONE	
EP 0882427 A	09-12-1998	JP 10337289 A US 5635784 A	22-12-1998 03-06-1997
US 5211546 A	18-05-1993	US 5112200 A AU 8056091 A WO 9119103 A	12-05-1992 31-12-1991 12-12-1991
EP 0847767 A	17-06-1998	US 5947892 A AU 1853697 A JP 10179729 A WO 9825657 A	07-09-1999 03-07-1998 07-07-1998 18-06-1998
WO 9749440 A	31-12-1997	US 6015272 A AU 3410997 A BR 9709969 A CA 2259642 A EP 0914171 A	18-01-2000 14-01-1998 11-01-2000 31-12-1997 12-05-1999
WO 9811650 A	19-03-1998	CA 2237203 A EP 0860046 A JP 2000502420 T US 6053705 A	19-03-1998 26-08-1998 29-02-2000 25-04-2000
US 3623835 A	30-11-1971	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/03563

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 H02K7/09 H02K7/14 A61M1/10 F16C39/06		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H02K A61M F16C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 856 666 A (EBARA CORP ;EBARA DENSAN LTD (JP)) 5. August 1998 (1998-08-05)	1,2,4,5, 13,17
Y	Spalte 8, Zeile 35 -Spalte 11, Zeile 24; Abbildungen 4,5	3,6-12, 14-16,18
Y	US 5 385 581 A (BRAMM GUNTER L ET AL) 31. Januar 1995 (1995-01-31)	3
A	In der Anmeldung erwähnt Spalte 27, Zeile 50 -Spalte 28, Zeile 21; Abbildung 2	1
Y	GB 2 057 590 A (UNITED GAS INDUSTRIES LTD) 1. April 1981 (1981-04-01) das ganze Dokument	6-10
	-/--	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie         </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 21. September 2000		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 28/09/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Zanichelli, F



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/03563

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 882 427 A (SEALE JOSEPH B) 9. Dezember 1998 (1998-12-09)	11,12
A	Seite 4, Zeile 39 -Seite 5, Zeile 24 Seite 15, Zeile 23 -Seite 16, Zeile 6; Abbildungen ---	1
Y	US 5 211 546 A (ISAACSON MILTON S ET AL) 18. Mai 1993 (1993-05-18) Spalte 7, Zeile 31 - Zeile 40; Abbildungen 1A,,3A,11-17B Spalte 17, Zeile 65 -Spalte 18, Zeile 27 ---	14-16
Y	EP 0 847 767 A (MICROMED TECHNOLOGY INC ;US GOV AS REPRESENTED BY ADMIN (US)) 17. Juni 1998 (1998-06-17)	18
A	Abbildung 6C ---	6
X	WO 97 49440 A (UNIV PITTSBURGH) 31. Dezember 1997 (1997-12-31) Seite 12, Zeile 28 -Seite 17, Zeile 33; Abbildungen 1,30 ---	1,2,5,13
X	WO 98 11650 A (SULZER ELECTRONICS AG ;HUGEL JOERG (CH); SCHOEB RETO (CH); LUST AN) 19. März 1998 (1998-03-19) Seite 32, Zeile 24 -Seite 33, Zeile 31; Abbildung 14B ---	1,2,4,10
A	US 3 623 835 A (BOYD CHARLES L) 30. November 1971 (1971-11-30) das ganze Dokument -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/03563

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0856666 A	05-08-1998	JP 10274174 A US 6092994 A	13-10-1998 25-07-2000
US 5385581 A	31-01-1995	US 5078741 A US 5326344 A US 4944748 A	07-01-1992 05-07-1994 31-07-1990
GB 2057590 A	01-04-1981	KEINE	
EP 0882427 A	09-12-1998	JP 10337289 A US 5635784 A	22-12-1998 03-06-1997
US 5211546 A	18-05-1993	US 5112200 A AU 8056091 A WO 9119103 A	12-05-1992 31-12-1991 12-12-1991
EP 0847767 A	17-06-1998	US 5947892 A AU 1853697 A JP 10179729 A WO 9825657 A	07-09-1999 03-07-1998 07-07-1998 18-06-1998
WO 9749440 A	31-12-1997	US 6015272 A AU 3410997 A BR 9709969 A CA 2259642 A EP 0914171 A	18-01-2000 14-01-1998 11-01-2000 31-12-1997 12-05-1999
WO 9811650 A	19-03-1998	CA 2237203 A EP 0860046 A JP 2000502420 T US 6053705 A	19-03-1998 26-08-1998 29-02-2000 25-04-2000
US 3623835 A	30-11-1971	KEINE	